

明 細 書

超精密加工用単結晶ダイヤモンド切削工具

技術分野

- [0001] 本発明は、Si、Ge、 CaF_2 などの結晶材料や、超硬合金、ガラス、金型母材などに用いる硬脆材料の超精密切削加工を行うための単結晶ダイヤモンド切削工具に関する。

背景技術

- [0002] 近年、デジタル家電などへのオプトエレクトロニクス技術の急速な普及と高精度、高機能化した製品ニーズへ対応するために、Si、Ge、 CaF_2 などの結晶材料や超硬合金の金型、ガラスなどの硬脆材料が使われ、これらの材料を高精度に加工するために超精密ダイヤモンド切削工具が使われている。この切削工具として、切れ刃に単結晶ダイヤモンドチップを使ったダイヤモンドバイトがあり、そのダイヤモンドチップの具体例として、脆性材料の曲面旋削で形状精度や表面粗さを良好に仕上げるために、すくい面が円錐形状を有するダイヤモンドチップがある(例えば、特開昭63-237803号公報(特許文献1)参照)。
- [0003] また、このダイヤモンドチップと同様の形状のものとして、バイトノーズ部にアールをつけて曲線状にし、負のすくい角となるようにすくい面を形成した単結晶バイトで、すくい面が直円錐の円錐面の一部をなすように形成されているものがある(例えば、特開昭64-64702号公報(特許文献2)参照)。
- [0004] さらに、ハイシリコンアルミニウムやニレジスト鋳鉄などの延性難削材を切削加工するために図5Aから5Cに示すような単結晶ダイヤモンドで形成された刃部のすくい面がすくい角を -25° ～ -60° のネガ角になるよう工具本体に固定されたダイヤモンドバイト(例えば、特開平11-347807号公報(特許文献3)参照)や、ZnSeレンズなど結晶材料の超精密切削加工方法として、図6Aおよび図6Bに示すようなすくい角が -20° ～ 20° 度、逃げ角が 5° ～ 10° 度で、刃先の欠損を防止するために切れ刃エッジが $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$ の幅で面取りされている単結晶ダイヤモンドバイトを用いて1本のバイトで粗加工から仕上げ加工までを行う方法がある(例えば、特開平10-43903号公

報(特許文献4)参照)。

特許文献1:特開昭63-237803号公報

特許文献2:特開昭64-64702号公報

特許文献3:特開平11-347807号公報

特許文献4:特開平10-43903号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0005] 上記の特許文献3や4のように単結晶ダイヤモンドバイトを用いて難削材、結晶材料や硬脆材料の超精密切削加工を行う場合、切削加工面の精度や刃先のチップングを防止するために、すくい角をネガ角にすることが行われる。しかしながら、すくい角をネガ角にする場合、一般的には図3に示すように、すくい面を傾斜の付いた面にすることになり、切れ刃の形状がR形状となったバイトでこのようなすくい面形状にすると、以下のような問題が生じる。
- [0006] 第1に、すくい角をネガ角としても、実効のすくい角が切れ刃の作用位置によって異なり先端部の切れ刃より後端側の切れ刃の方がすくい角の負の値が著しく小さくなる。これは以下のような理由による。図4はダイヤモンドバイトを使い、最も多用される2軸制御旋盤により被加工物を球面に切削加工する場合の概略を示したものである。被加工物11は回転軸12を中心に回転しており、ダイヤモンドバイト1をX軸及びZ軸方向に送ることで切削される。この場合、ダイヤモンドバイト1が回転軸上にある時には切れ刃5のうち先端部のAの部分が作用するので、この時はすくい面の傾斜している角度がすくい角になる。しかし、このダイヤモンドバイト1がX軸及びZ軸方向に送られて切れ刃5のBの部分が作用するようになった時にはすくい角が小さくなってしまう。このため、実効すくい角が変化し、被加工面粗さにバラツキを生じる。しかも、切れ刃5の作用する部分はY軸方向(図4に記載していないが、図の面に垂直な方向がY軸方向である)にも移動してしまうことになり、ダイヤモンドバイト1をY軸方向にも移動させる必要が生じてくる。これは3軸制御旋盤であればY軸方向にも移動可能であるが、2軸制御旋盤だと移動不可能であり、超精密加工において2軸制御旋盤が多用される現状では、加工精度を悪くする原因となってしまう。

- [0007] 第2に、切れ刃が一定のRにはならず、楕円形状の切れ刃になることによる問題が生じる。このような切れ刃で球面や非球面形状の加工を行う場合には、一度切削加工を行い、その加工形状から補正量を算出して加工プログラムを組み、そのプログラムにより本来の加工を行う必要が生じる。これは、上記のように切れ刃5が作用する位置によって、Y軸方向の位置が変わってしまうためであり、補正を行う必要があるために非常に手間がかかってしまうという問題が生じる。
- [0008] 第3に、R形状の切れ刃の作用する位置により、切れ刃の高さも異なるため安定した加工ができず、形状誤差の生じる原因にもなる。これは、上記のように切れ刃5が作用する位置によって、Y軸方向の位置が変わってしまうすなわち芯高が変化してしまうためである。特に、非球面の加工を行う場合には、大きな形状誤差を生じやすい。
- [0009] 上記の3つの問題については、特許文献1や2に記載の形状の切れ刃を有する工具とすれば、ある程度の解決は可能である。しかしながら、特許文献3や4に記載のものと同様に切れ刃に沿ったすくい面の大きな部分がネガ角であるためにすくい面と被加工面との間に切屑が溜まりやすくなり、この切屑が被加工面の精度を悪化させることになる。これは、切れ刃の作用部分で発生した切屑が切れ刃の先端側から後端側に流れていく時にすくい面上を流れるため、すくい面と被加工面との間に切屑が溜まりやすくなって、切屑の排出性にバラツキが生じ、加工面品位が安定せず被加工面の精度を悪化させるものである。
- [0010] また、各特許文献に記載の形状の切れ刃にするためにはダイヤモンドの加工量が大きくなり製作費のアップに繋がる。これは、すくい面を形成する時に、ダイヤモンドの加工量が大きくなり、手間と時間がかかるためである。
- [0011] さらに、上記のような材料の加工を行う場合、各特許文献に記載のようなダイヤモンドチップおよびダイヤモンドバイトを用いても切れ刃の損耗やマイクロチップングが起り、工具寿命が短くなる恐れがある。
- [0012] 以上のことから、本発明のダイヤモンド切削工具は、結晶材料や硬脆材料の超精密切削加工を行う場合に、被加工材料の形状誤差が生じず高精度な加工ができ、しかも切れ刃の損耗やマイクロチップングが起りにくくて寿命の長い単結晶ダイヤモンド

ド切削工具を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明の超精密加工用単結晶ダイヤモンド切削工具の第1の特徴は、先端にR形状の切れ刃稜を有する単結晶ダイヤモンドチップを設けたダイヤモンド切削工具であって、

切れ刃稜のうち、少なくとも切れ刃として作用する部分はすくい面となる第1の円錐状の面と逃げ面となる第2の円錐状の面が交差することにより一定のRで形成され、切れ刃稜の丸みは半径100nm未満で、第1の円錐状の面の幅は1～5 μm とする。そして、第1の円錐状の面の切れ刃稜線と反対側の部分には切削方向と略垂直方向の切屑逃がし面が設けられたことである。

[0014] 第2の特徴は、第1の円錐状の面と切り屑逃がし面との交差部を所定寸法のRを有するR面としたことである。

[0015] 第3の特徴は、R面の半径は、0.1～1.0 μm としたことである。

第4の特徴は、第1の円錐状の面のすくい角は、ネガ角とし、その角度は15～50°としたことである。

[0016] 第5の特徴は、切れ刃の先端から100 μm 以内には、ダイヤモンド結晶中の格子欠陥が存在しないことである。

発明の効果

[0017] 本発明の単結晶ダイヤモンド切削工具は、結晶材料や硬脆材料の超精密切削加工を行う場合に、切屑の排出性が良く切削抵抗を低減させることができるので、被加工面の精度が向上する。また、被加工材料の形状誤差が生じず高精度な加工ができ、切れ刃の損耗やマイクロチッピングが起こりにくくて寿命を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1A]本発明の単結晶ダイヤモンド工具を示す平面図である。

[図1B]本発明の単結晶ダイヤモンド工具を示す正面図である。

[図1C]本発明の単結晶ダイヤモンド工具の切れ刃周辺の部分拡大正面図である。

[図2]本発明の単結晶ダイヤモンド工具のダイヤモンドチップの例を示す斜視図。

[図3]従来の単結晶ダイヤモンド工具のダイヤモンドチップの例を示す斜視図。

[図4]2軸制御旋盤による加工の状態を説明する図。

[図5A]従来の単結晶ダイヤモンド工具の別の例を示す平面図である。

[図5B]従来の単結晶ダイヤモンド工具の別の例を示す正面図である。

[図5C]従来の単結晶ダイヤモンド工具の別の例における切れ刃周辺の部分拡大正面図である。

[図6A]従来の単結晶ダイヤモンド工具のさらに別の例を示す平面図である。

[図6B]従来の単結晶ダイヤモンド工具のさらに別の例を示す正面図である。

[図7A]従来の単結晶ダイヤモンド工具のダイヤモンドチップの別の例を示す平面図である。

[図7B]従来の単結晶ダイヤモンド工具のダイヤモンドチップの別の例を示す正面図である。

符号の説明

- [0019]
- 1 ダイヤモンドバイト
 - 2 チップ
 - 3 すくい面
 - 4 逃げ面
 - 5 切れ刃
 - 6 切屑逃がし面
 - 7 R面
 - 8 工具本体

発明を実施するための最良の形態

- [0020] 本発明の単結晶ダイヤモンド切削工具の例として、単結晶ダイヤモンドバイトを図1Aから図1Cに、そのチップの拡大斜視図を図2に示す。ダイヤモンドバイト1は超硬合金などからなる工具本体8の先端部に単結晶ダイヤモンドからなるチップ2がろう付けなどにより固定されている。チップ2は先端にR形状の切れ刃5を有しており、切れ刃5はすくい面3と逃げ面4とが交差することにより形成されている。すくい面3のうち、少なくとも切れ刃として作用する部分は第1の円錐状の面で形成されており、その幅

は1～5 μm 、すくい角はネガ角でその角度は15～50° になっている。また、逃げ面4のうち、少なくとも切れ刃として作用する部分は第2の円錐状の面で形成されており、いずれの面も後端側には円錐状の面に連なる平面を有し、これらの平面の交差部に切れ刃としては作用しない直線の稜線が形成されている。

- [0021] このような形状にすることで、R形状の切れ刃の作用位置が変わっても実効すくい角が変わらず、安定した加工面粗さになり、高精度な加工面が得られるとともに、切れ刃の位置の制御が容易になる。また、すくい面を円錐状の面とすることで、一定のRの切れ刃にすることができる。
- [0022] なお、本願ですくい面3の幅は、図1Cに示すように、すくい面3と逃げ面4とが交差する点Xからすくい面3と切屑逃がし面6とが交差する点Yまでの距離Lとする。
- [0023] 切れ刃5の稜線の丸みは半径が100nm未満の鋭利な切れ刃になっている。このようにすることで、鋭利な刃先となり超精密切削加工が可能になる。
- [0024] すくい面3の円錐状の部分の後端側(切れ刃5が形成されている側と反対側)には切屑逃がし面6が形成されており、切屑逃がし面6は切削方向と略垂直な面になっており、すくい面3と切屑逃がし面6との交差部はR面7が形成されている。これにより、微小な幅の円錐状のすくい面との相乗効果により、切屑の排出性が向上し被加工面の精度を低下させるなどの悪い影響を与えることがない。なお、切屑の排出性を向上させ切削抵抗を低減させるために、R面7のRの大きさPは0.1～1.0 μm とするのが好ましい。
- [0025] 切れ刃5を形成する時には、先端から100 μm 以内の範囲にはダイヤモンド結晶中の格子欠陥が存在しないように単結晶ダイヤモンドが設定されており、切れ刃5周辺には格子欠陥が存在しない。これにより、上記のように切れ刃5を鋭利なものとしても損耗やマイクロチップングが起こりにくく、工具寿命が長くなる。

実施例 1

- [0026] 本発明の単結晶ダイヤモンド工具として、図1Aから1Cに示すダイヤモンドバイト(以下、本発明例とする)を製作し、比較例として図5Aから5Cに示す従来の単結晶ダイヤモンドバイト(以下、比較例1とする)および図7Aから7Bに示す切れ刃を有する単結晶ダイヤモンドバイト(以下、比較例2とする)を製作し、単結晶シリコンを切削加

工して性能の比較を行った。本発明例は、すくい面の幅 L は $1.2\mu\text{m}$ 、すくい角 α はネガ角の 15° 、切れ刃稜線の丸みの半径 r は 60nm 、 R 面7の半径 P は $0.3\mu\text{m}$ とした。比較例1は、すくい面の幅 L は $100\mu\text{m}$ 、すくい角 α はネガ角の 25° 、すくい面3と切屑逃がし面6との交差部はピン角とし、切れ刃稜線の丸みの半径 r は 100nm とした。比較例2は、すくい角は 0° とし、切れ刃稜線の丸みの半径 r は 100nm とした。なお、いずれのダイヤモンドバイトも、切れ刃稜の半径 R は 1.2mm である。

[0027] 切削加工は、これらのダイヤモンドバイトを2軸制御旋盤に取り付け、CNC2軸制御方式により単結晶シリコンの球面形状の加工を行った。切削条件は、被加工物の主軸回転数を 2000rpm 、工具送り速度は 0.00175mm/rev 、取り代は 0.0015mm とし、湿式加工とした。なお、加工中の切削抵抗を測定するため、ダイヤモンドバイトの後端側に振動加速度センサーを取り付けて振動加速度を測定した。

[0028] 以上のような工具および条件により切削加工を行った結果、本発明例のものは、加工初期の表面粗さ R_a は $0.0067\mu\text{m}$ であり、加工を繰り返すごとに徐々に表面粗さは悪化していったが、許容される表面粗さのものは60枚加工できた。また、 PV 値は $0.042\mu\text{m}$ 、 rms は $0.009\mu\text{m}$ 、加工中の切削抵抗(振動加速度)は $0.05G$ であった。

[0029] これに対し、比較例1は、加工初期の表面粗さ R_a は $0.0085\mu\text{m}$ であり、加工を繰り返すごとに徐々に表面粗さは悪化していき、許容される表面粗さのものは25枚であったので、本発明例に比べ半分以下の寿命となった。また、 PV 値は $0.047\mu\text{m}$ 、 rms は $0.010\mu\text{m}$ 、加工中の切削抵抗(振動加速度)は $0.08G$ で本発明例より高くなった。

[0030] 比較例2は、加工初期の表面粗さ R_a は $0.0138\mu\text{m}$ で本発明例の2倍ほどの粗さとなり、加工を続けたらチッピングが発生したため2枚しか加工できなかった。また、 PV 値は $0.081\mu\text{m}$ 、 rms は $0.018\mu\text{m}$ 、加工中の切削抵抗(振動加速度)は $0.2G$ で、本発明例に比べて非常に高いものとなった。

[0031] 以上、説明したように本発明の単結晶ダイヤモンド工具は、切屑の排出性が良く、被加工面の精度が向上することが分かる。また、被加工材料の形状誤差が生じず高精度な加工ができ、切れ刃の損耗やマイクロチッピングが起これにくくて寿命が向上

することが分かった。

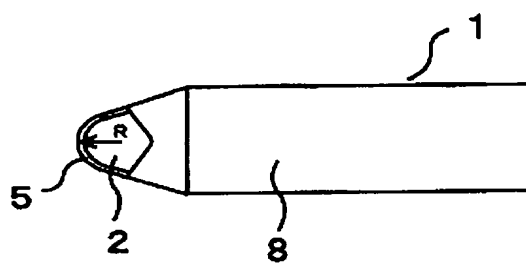
産業上の利用可能性

[0032] 本発明の単結晶ダイヤモンド工具は、結晶材料や硬脆材料、難削材などの超精密切削加工を行うための切削工具に用いることができる。

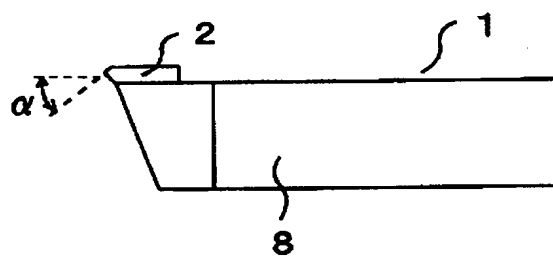
請求の範囲

- [1] 先端にR形状の切れ刃稜を有する単結晶ダイヤモンドチップ(2)を設けたダイヤモンド切削工具であって、
- 前記切れ刃稜のうち、少なくとも切れ刃(5)として作用する部分はすくい面(3)となる第1の円錐状の面と逃げ面(4)となる第2の円錐状の面が交差することにより一定のRで形成され、前記切れ刃稜の丸みは半径100nm未満で、前記第1の円錐状の面の幅は1～5 μm であり、前記第1の円錐状の面の前記切れ刃稜線と反対側の部分には切削方向と略垂直方向の切屑逃がし面(6)が設けられた、単結晶ダイヤモンド工具。
- [2] 前記第1の円錐状の面と前記切り屑逃がし面(6)との交差部をR面とした、請求項1に記載の単結晶ダイヤモンド工具。
- [3] 前記R面の半径は、0.1～1.0 μm である、請求項2に記載の単結晶ダイヤモンド工具。
- [4] 前記第1の円錐状の面のすくい角は、ネガ角であり、その角度は15～50°である、請求項1に記載の単結晶ダイヤモンド切削工具。
- [5] 前記切れ刃(5)の先端から100 μm 以内には、ダイヤモンド結晶中の格子欠陥が存在しない、請求項1に記載の単結晶ダイヤモンド切削工具。

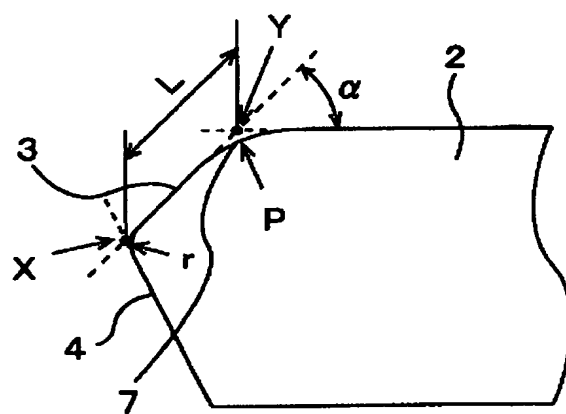
[図1A]



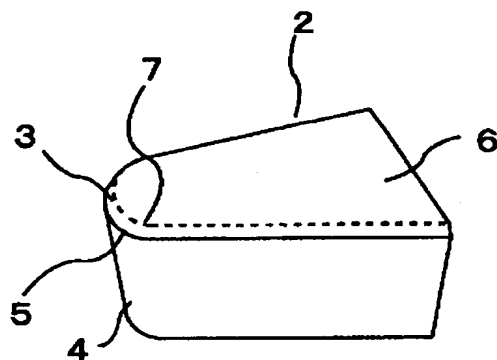
[図1B]



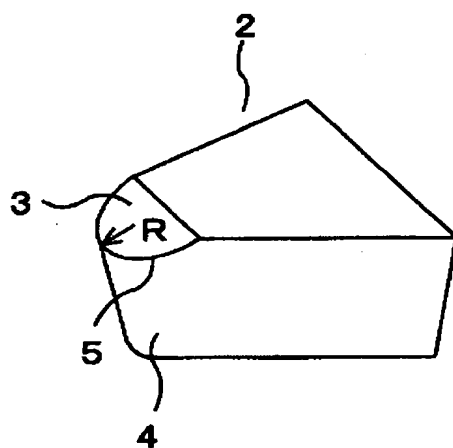
[図1C]



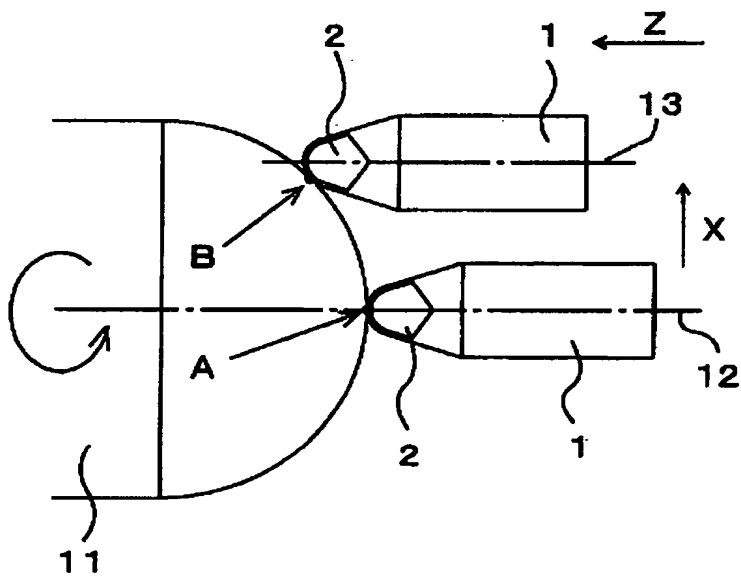
[図2]



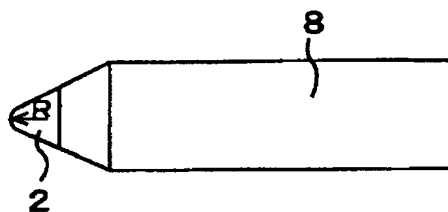
[図3]



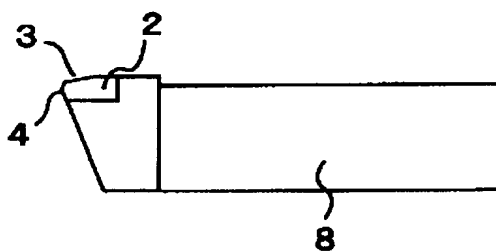
[図4]



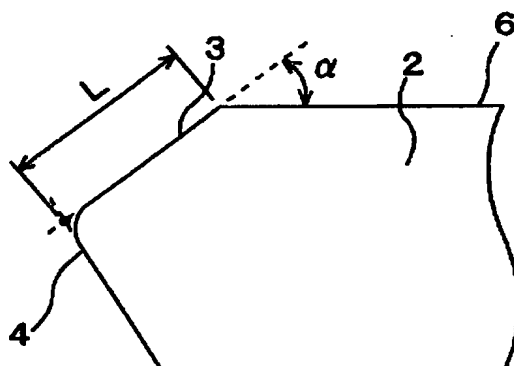
[図5A]



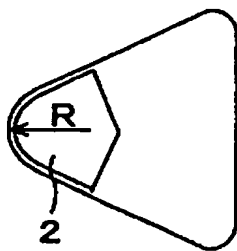
[図5B]



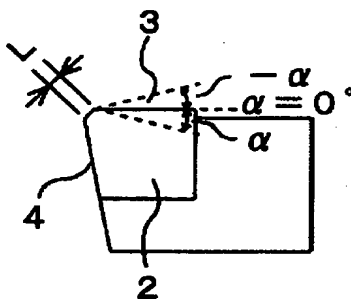
[図5C]



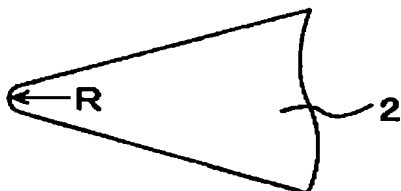
[図6A]



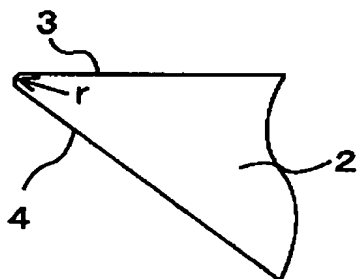
[図6B]



[図7A]



[図7B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/010912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.⁷ B23B27/20, 27/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁷ B23B27/20, 27/14, 27/00, B23C5/16, B23B51/00, B23P15/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-190610 A (Osaka Diamond Industrial Co., Ltd.), 12 July, 1994 (12.07.94), Claims; Fig. 4 (Family: none)	1-5
A	JP 63-237803 A (Mitsubishi Electric Corp.), 04 October, 1988 (04.10.88), Claims; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-5
A	JP 2003-117717 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 23 April, 2003 (23.04.03), Claims; Par. No. [0019] & US 2003/0133763 A1 & EP 1332820 A1 & WO 2002/034442 A1 & JP 2002-200518 A	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 August, 2005 (26.08.05)

Date of mailing of the international search report

13 September, 2005 (13.09.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/010912

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-8104 A (Toshiba Tungaloy Co., Ltd.), 19 January, 1993 (19.01.93), Par. No. [0010]; Fig. 2 (Family: none)	2, 3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)). IntCl ⁷ B23B27/20, 27/14		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) IntCl ⁷ B23B27/20, 27/14, 27/00, B23C5/16, B23B51/00, B23P15/28		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 6-190610 A (大阪ダイヤモンド工業株式会社) 1994.07.12, 特許請求の範囲、第4図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP-63-237803 A (三菱電機株式会社) 1988.10.04, 特許請求の範囲、第1-4図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2003-117717 A (住友電気工業株式会社) 2003.04.23, 特許請求の範囲、段落【0019】 & US 2003/0133763 A1 & EP 1332820 A1 & WO 2002/034442 A1 & JP 2002-200518 A	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 26.08.2005		国際調査報告の発送日 13.09.2005
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 田村 嘉章 電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 5-8104 A (東芝タンガロイ株式会社) 1993.01.19, 段落【0010】、 第2図 (ファミリーなし)	2, 3